

# EGY DÉLKELET-ALFÖLDI MÉLYVÍZI HORDALÉK- KÚP-RENDSZER PROXIMÁLIS RÉSZÉNEK 3D MODELLEZÉSE

## *3D MODELING OF THE PROXIMAL PART OF A SOUTHEAST GREAT PLAIN DEEP WATER SEDIMENT SYSTEM*

PATOCSKAI ZOLTÁN<sup>32</sup>

### **Abstract**

Interpretation of geophysical profiles and 3D modeling play an important role in hydrocarbon reservoir research today. In the present study, a sedimentary facies and rock physics model of a hydrocarbon reservoir in the Great Plain was completed. During the work, geophysical profiles of the boreholes in the sample area were used to identify the natural potential and electrical resistance profiles of the sedimentary facies. Following the completion of the facies model, rock physics models were constructed, and porosity and permeability models were constructed from the area. In addition to the 3D models, the thickness map of the turbidite system and the sand-clay ratio map were completed. Evaluating the results of the sedimentary facies model and the thickness-sand-clay ratio map, the direction of accumulation of the turbidite system was determined. A change in the direction of accumulation of the three deepwater turbidite system was observed, which showed no significant difference. The results of the geographic model were also supported by rock physics models, porosity and permeability models.

**Keywords:** turbidite, geostatistics, logging, porosity, permeability, facies

### **1. Bevezetés**

A szénhidrogén kutatás napjainkban kiemelkedő helyen szerepel a földtudományi kutatások között, ez motivált abban, hogy a diplomadolgozatom témáját a szedimentológiai modellezés tárgyköréből választottam, és amelynek eredményeit a Magyarok a Kárpát-medencében című konferencián bemutattam. A szénhidrogén kutatások során a legmegbízhatóbb módszerek között szerepel a szénhidrogén rezervoár tulajdonságainak 3D modellezése. A mélyvízi törmelékes rendszereket a modern 3D szeizmikus mérések és értelmezések mellett, a geostatisztika segíti a legjobban. A modell területnek ki-

---

<sup>32</sup> PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem, Földtani És Őslénytani

választott homokkőcsoport, valódi elhelyezkedését tekintve, a Szolnoki Formáció részét képezi, amely a szakirodalmi adatok alapján, a mélytengeri üledékes rendszerekre jellemző szénhidrogén potenciállal rendelkezhetnek, ezért fontos a megismerésük. A konvencionális szénhidrogén rezervoárok jelentős részét adják a mélytengeri turbiditok, melyek jelentős szénhidrogén vagyont tárolnak. A Föld legnagyobb szénhidrogén dúsulásai a mélyvízi üledékes rendszerekhez kapcsolódnak, így kiemelt helyen szerepel a megismerésük a földtudományi kutatások között. A kutatás során a széles körben alkalmazott Reading és Richards (1994) féle osztályozást használtam a kiválasztott homokkősorozat besorolására. A szerzők által felvázolt rendszerek csupán szélső tagoknak tekinthetők, a köztük lévő átmenetek a leggyakoribbak a természetben. Az szemcseméret és a forrás alapján állítottak elő kategóriákat. A forrásterülettől távolodva 3 részre oszthatók a mélytengeri turbiditok: felső, középső és alsó részre.

## 2. A mélyvízi hordalékkúp rendszerek osztályozása

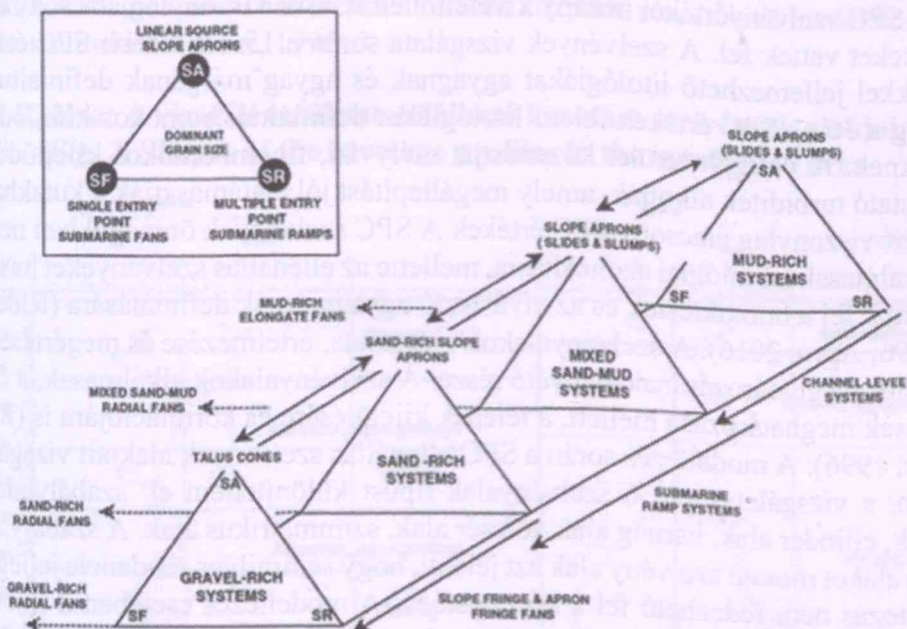
A mélyvízi hordalékkúp rendszerek osztályozására sok elterjedt eljárást dolgoztak ki. Világszerte a klasszikus szénhidrogén rezervoárok jelentős hányadát adják a mélyvízi hordalékkúp rendszerek. A turbidit rendszerek megértése és kutatása fontos részét képezi a rezervoár kutatásnak. A mélyvízi hordalékkúp rendszerek karakterisztikája számos kölcsönhatás eredményeként jön létre, melyek közül a legfontosabbak a tengervízszint változás, a háttér tektonikai viszonyai, az üledéktípus és az érkező üledékanyag közötti kölcsönhatások. Ezen folyamatok együttesen meghatározzák a mélyvízi hordalékkúpok karakterét (Richards, Reading 1994). A felhasznált mélyvízi hordalékkúp osztályozási rendszer alapja a szemcseméret valamint a forrás, amelyen keresztül az üledékanyag érkezik. Munkájuk alapján összesen 12 féle hordalékkúp rendszer létezik. A szemcseméret alapján megkülönböztünk; agyag-gazdag, homok-agyag gazdag, homok-gazdag, valamint kavics-gazdag mélyvízi hordalékkúp rendszereket, tehát 4 kategória áll elő. Az üledékforrás típusa alapján 3 kategória különböztethető meg; az egy forrásból táplálkozó hordalékkúp rendszerek, több forrásból táplálkozó, valamint a lineáris geometriájú forrással rendelkező mélyvízi hordalékkúp rendszerek. Az üledék forrásának és szemcseméretének kombinációival összesen 12 különböző szélső taggal jellemzett típusba sorolhatók a mélyvízi turbidit rendszerek (Richards, Bowman 1994). Ezek a kategóriák nem rendelkeznek merev határokkal, közöttük átmenetek ismeretesek. A hordalékkúp típusok meghatározása lehetséges geofizikai adatok, geofizikai kút karotázs szelvé-



nyek felhasználásával is. Minden egyes kategória jó értelmezhető és felismerhető karakterisztikát mutat a gamma szelvények, a spontán potenciál illetve az elektromos ellenállás szelvények lefutásában. A spontán potenciál szelvények és az ellenállás szelvények vizsgálata lehetőséget ad a közettípus azonosítására. Az üledék beszállítódásának forrása más eszközöket igényel (Richards, Bowman 1994).

**1. ábra: A mélyvízi hordalékkúpok osztályozási rendszere (Richards, Bowman 1994)**

**Fig. 1. Classification system for deep-water sediment system (Richards, Bowman 1994)**



Forrás: M. Richards, M. Bowman, H. Reading 1994: Submarine-fan system characterisation and stratigraphic prediction (1994 p. 5.)

### 3. Anyag és módszerek

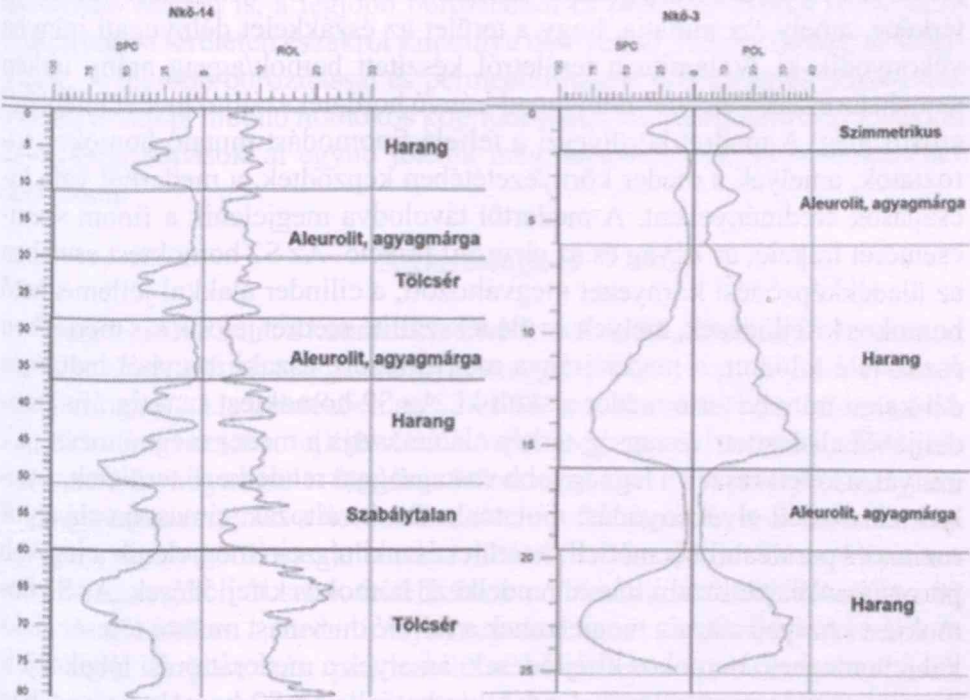
A munka során, a modell területen található 26 fúrás geofizikai adatait használtam fel. A rendelkezésre álló karotázásokból a spontán potenciál (SPC) és az elektromos ellenállás (POL, ROL) szelvényeket használtam fel, amelyek segítségével kijelöltem a turbidit rendszer három homokos kifejlődésű részét. A réteghatárok kijelölését követően a kutak korrelációját végeztem el, megvizsgáltam egy Ny-K-i és egy É-D szelvény alapján, hogy a 3 homoktest és az elválasztó agyagmárgák követhetőek-e a vizsgált területen

és hol fedezhető fel kiékelődés. A telepek kijelölése és a litológiai azonosítást követően a különböző szelvény alakok változékonyságát vizsgáltam meg. Ehhez az összes kút szelvényeit ugyanazon mélységshoz igazítottam és a korábbi abszolút mélységek helyett, minden kút adatsora 0 métertől indult, a szelvényalakok vizsgálata során a „flettelt” szelvényeket használtam fel. A „flettelés” eredményeként a 3 homoktest és az elválasztó agyagmárgák egymás mellé kerültek így a 3 homoktest 3 zónát jelölt ki. A homokkőcsoportok tető és talp zónája, így követhetővé vált. A legelső homoktestet S1, a középső homoktestet S2, míg a legfelső helyzetű homoktestet S3 névvel láttam el. Az S1 és S2 homoktestet elválasztó agyagmárgát C1, míg az S2 és S3 homoktestet elválasztó agyagmárgát C2 névvel láttam el. A modell terület kútjaiban az SPC szelvényértékei néhány kivételtől eltekintve viszonylag alacsony értékeket vettek fel. A szelvények vizsgálata során a 15-nél kisebb SPC értékekkel jellemezhető litológiákat agyagnak és agyag márgának definiáltuk, míg a 30-as SPC értékek feletti litológiákat definiáltuk homokos kifejlődéseknek. A vizsgált terület közettestjét mélyvízi, finomhomokos kifejlődést mutató turbiditek alkotják, amely megállapítást jól alátámasztják a kutakban mért viszonylag alacsony SPC értékek. A SPC szelvények önmagukban nem alkalmasak a litológiai azonosításra, mellette az ellenállás szelvényeket használtuk fel a homoktestek és az elválasztó agyagmárgák definiálására (Rider, 1996; Apró, 2016). A szelvényalakok vizsgálata, értelmezése és megértése a fácies meghatározásának alapvető része. A szelvényalakok alkalmasak, a fáciesek meghatározása mellett, a telepek kijelölésére és korrelációjára is (Rider, 1996). A modellezés során a SPC/ellenállás szelvények alakjait vizsgáltam, a vizsgálat során 6 szelvényalak típust különítettem el: szabálytalan alak, cylinder alak, harang alak, tölcser alak, szimmetrikus alak. A szabálytalan alakot mutató szelvény alak azt jelenti, hogy semmilyen tendencia jellegű változás nem fedezhető fel a közettestben. A modellezés esetében a finom szemcseméretű agyagos, agyagmárgás és aleurolitos kifejlődésű homoktestek jelentkeztek szabálytalan szelvényalakokkal. A cylinder alak háttérében olyan folyamat áll, amelyben állandó az üledékes környezet energia szintje. Ezen szelvényalak határai élesek. Az SPC és az ellenállás szelvények nagy értékekkel jelennek meg, végig a magas értékek körül vannak. A mintaterületen a legnagyobb SPC és ellenállás értékeket mutató homoktestekben jelennek meg, valamint a legvastagabb homokos kifejlődésekben. A cylinder alakok a modellezett homoktestek esetében a turbiditek proximális részein jelennek meg (Rider, 1996). A tölcser alak az SPC és az ellenállás szelvények esetében egy felfelé durvuló tendenciát jelöl. A legjellemzőbb üledékes fáciesek ahol a tölcser alak megjelenik a mederáttörési lóba, a torkolati zátony,



a homokos part, a zátonysziget és a sekélytengeri lepelhomok víz alatti hordalék lóba. A modellezett homoktestekben alárendelten jelenik meg a turbiditek proximális részein. A turbidit központi részeiben megjelenő tölcser alakok, mederáttörési lóbákat mutathatnak (Rider, 1996). A harang alak felfogható úgy is, mint a tölcser alak inverze. Lentről felfelé folyamatosan csökkenő tendenciát mutat az SPC és az ellenállás szelvény. A szemcseméret esetében ez azt jelenti, hogy az üledék folyamatosan finomodik letről felfelé. A tengeri környezetben a felfelé csökkenő homok tartalmú turbiditeket jellemez. A kapcsolódó üledékes fáciesek mélyvízi környezetben a transzgresszív self és medrek, a víz alatti hordalékkúpok középső részén. A modellezett területen a leggyakoribb szelvényalak. A mélyvízi turbidit mediális részen jellemző, a megjelenésül háttérben a turbidit központi részén lévő mederátcsapások állhatnak (Rider, 1996).

2. ábra: A vizsgált területen található karotázs szelvények alakjai  
Fig. 2. Shapes of the carotage profiles in the invstigated area



A szelvényalakok megállapítása és az üledékes fáciesek meghatározás után létrehoztam a terület 3D modelljeit, először a rétegtani, modellt, majd ennek eredményeit felhasználva az üledékes fácies modellt. A modellek kiegészítéseként elkészültek a terület közetfizikai modelljei is, melyek közül a

porozitás és a permeabilitás eredményei kerültek bemutatásra. A vizsgált területen található fúrásokból származó geofizika adatok segítségével elkészítettem a terület vastagság térképét valamint a homoktartalom térképét.

#### 4. Eredmények, következtetések

A rendelkezésre álló adatokból létrehozott sztratigráfiai, litológiai és közetfizikai modellek (porozitás és permeabilitás modellek) alapján a következő ösföldrajzi képet rekonstruáltam a modellezett területen található három homoktestről. Az S1 homoktest esetében a terület északi részén megjelenő cylinder alakkal jellemezhető homokos kifejlődések egy folyamatos energiával rendelkező üledékes környezetet jelentenek. A cylinder alakok mellett a terület déli részein megjelenő felfelé finomodó harang alakot mutató homokos kifejlődések a meder környezetében található mederből történő kicsapások eredményei. Az egykori meder iránya észak-kelet délnyugati irányú volt, a porozitás modell, hasonló fejlődés történetet mutat, amelyet a permeabilitás jól követ. A meder irányultságát támasztja alá az S1 homoktest vastagság térképe, amely azt mutatja, hogy a terület az északkelet délnyugati irányba vékonyodik ki. Valamint a területről készített homok/agyag arány térkép szintén az észak-kelet dél-délnyugati irányú hordalékszállító meder jelenlétét erősíti meg. A medret körülveszi a felfelé finomodást mutató homokos sorozatok, amelyek a meder környezetében képződtek, a mederből való kicsapások eredményeként. A medertől távolodva megjelenik a finom szemcseméret frakció, az agyag és az aleurolit frakció. Az S2 homoktest esetében az üledékképződési környezet megváltozott, a cylinder alakkal jellemezhető homokos kifejlődések, melyek az üledékszállító medret jelölik kis mértékben észak felé tolódott, a meder iránya megváltozott, északi irányból induló és dél-keleti irányba tartó meder alakult ki. Az S2 homoktest sztratigráfiai modelljéből elkészített vastagság térkép alátámasztja a meder megváltozásának irányát, a keleti részek a legnagyobb vastagsággal rendelkező területek, amelyek észak-déli elvékonyodást mutatnak. Ezt a változást támasztja alá a porozitás és permeabilitás modell, a terület északi részein megjelenik a legjobb porozitással és permeabilitással rendelkező homokos kifejlődések. Az S2 homoktest középső részein megjelennek a felfelé durvulást mutató tölcser alakkal jellemezhető homokos kifejlődések, amelyek a mederáttörési lóbákat jellemzik, szintén mederüledékeknek tekinthetőek. Az S2 homoktest esetében a területen a hordalékszállító meder közvetlen környezetében jelennek meg a mederáttörési lóbák, amelyek jó porozitással és permeabilitással rendelkeznek. A meder üledékei és a mederáttörési lóbák üledékei északnyugat délkeleti irányultságot mutatnak, amelyet alátámaszt a terület jó porozitással és



permeabilitással rendelkező homokos kifejlődések térbeli eloszlása. A mederáttörési lóbák környezetében és a meder környezetében szintén megjelennek a felfelé finomodó sorozatot mutató mederkicsapások. A medertől távolodva a szemcseméret egyre finomabbá válik, jelezve az üledékszallítást végző közeg energiájának csökkenését. Az üledék finomodását jelzi a porozitás és a permeabilitás eloszlása is, a medertől távolodva egyre csökken a porozitás és a permeabilitás. Az S3 homoktest az S2 homoktest ösföldrajzi képével mutat szoros hasonlóságot. Az S3 homoktest a legvékonyabb homoktest a modellezett területen, szoros hasonlóságot mutat az S2 homoktest kifejlődésével. A vastagság térkép alapján a felhalmozódás iránya északnyugat délkeleti irányú kifejlődést mutatnak. A vastagság térkép mellett a homok/agyag arány térképek is alátámasztják az üledékes felhalmozódás irányát. Az S3 homoktest esetében is megjelenik a cylinder alakkal jellemezhető mederüledékek kifejlődése a terület középső és északi részein. A meder iránya nem változott számottevően a litológiai modell és a közetfizikai modellek alapján. A litológia modell eredményeit alátámasztja a porozitás és permeabilitás modell is, a legjobb porozitással és permeabilitással rendelkező közettestek a területen északról kiindulva délnyugati irányba mutatnak kifejlődést. A legjobb porozitással és permeabilitással jellemezhető közettestek a cylinder alakot mutató homokos kifejlődésekkel és a mederáttörési lóbákkal és mederátcsapásokkal együtt jelenik meg, hasonlóan az S2 homoktesthez hasonlóan.

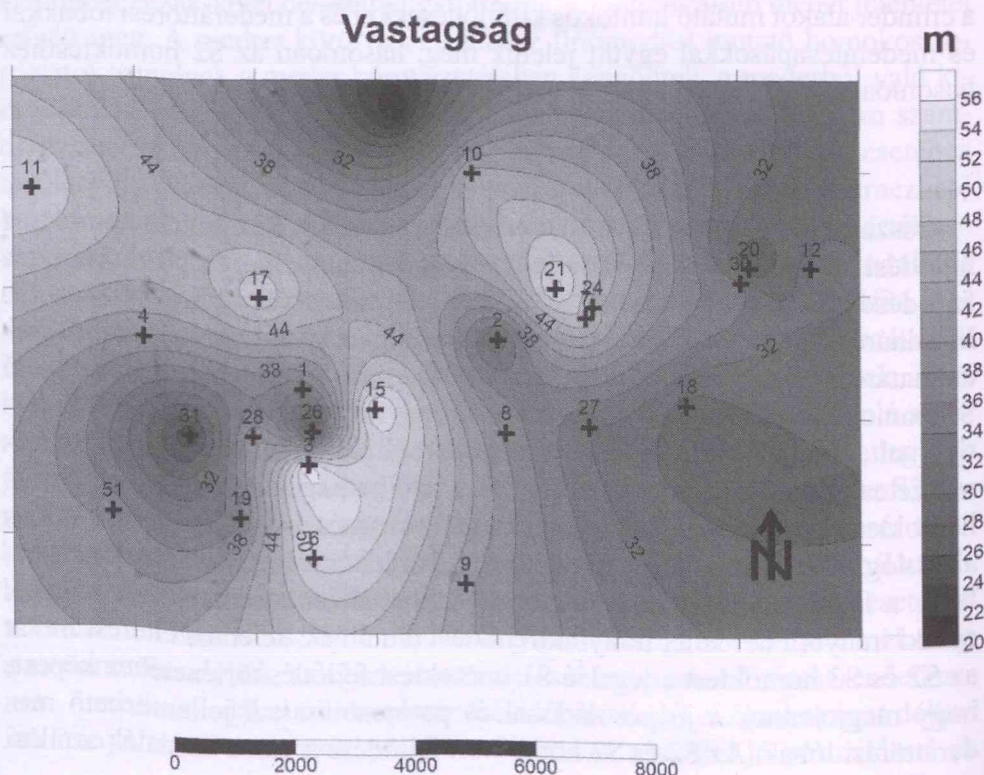
## 5. Összefoglaló

Összefoglalva tehát a kutatási eredményeket az S1, S2 és az S3 homoktest fejlődési történetének vizsgálata során megállapítható, hogy az S1 homoktest fejlődése eltér a kis mértékben az S2 és S3 homoktest fejlődési történetétől. Mindhárom homoktest fejlődésében közös, hogy egy fő hordalékszallító meder határozta meg a terület üledékes felhalmozódását. A legmélyebb helyzetű S1 homoktest esetében a hordalékszallító meder észak-nyugat délkeleti irányú volt, amely körül megjelentek a mederből időszakosan kicsapó és a természetes partgáton átszapó, felfelé finomodó harang alakú üledékek. Az S2 homoktest esetében a meder iránya megváltozott és északi irányúvá válik és a litológiai és porozitás, permeabilitási modellek alapján megállapítható, hogy a legjobb porozitással és permeabilitással jellemezhető kifejlődések északi irányból dél-kelet irányú kifejlődést mutatnak. Jelentős eltérést mutat az S2 és S3 homoktest a legalsó S1 homoktest fejlődés történetéhez képest, hogy megjelennek a jó porozitással és permeabilitással jellemezhető mederáttörési lóbák. Az S2 és S3 homoktest fejlődése során a hordalék szállító

meder helyzete számottevően nem változott meg. Az elválasztó agyagmárgák vastagság térképei vizsgálatai alapján elmondható, hogy jelentős vastagságok képviselnek így az öskörnyezeti rekonstrukcióval összhangba hozható az a megállapítás, hogy a három homoktest eltérő fejlődés történettel rendelkezhet. A munkám célkitűzései között szerepelt, hogy Reading és Richards (1994) mélyvízi turbiditek csoportosítására felállított módszere alapján, a modellezett kőzettestet kategóriába soroljam. A modellezés során feldolgozott geofizikai adatok alapján és a szelvényalakok alapján megállapítottam, az általam modellezett turbidit a kevert rendszerű mélyvízi hordalékkúpok kategóriájába tartozik. A homoktartalom megállapítása nagy bizonytalansággal terhelt. A szelvényalakok megjelenése alapján megállapítható, hogy az általam modellezett kőzettest egy kevert rendszerű hordalékkúp. A megállapítás mellett szól, hogy a szelvényalakok mellett mederüledékek, a mederátörési lóbák és a mederkörnyéki üledékek megjelenése is az üledékes rendszerben. Megállapítottam, hogy a modellezett hordalékkúp egy forrású lehetett.

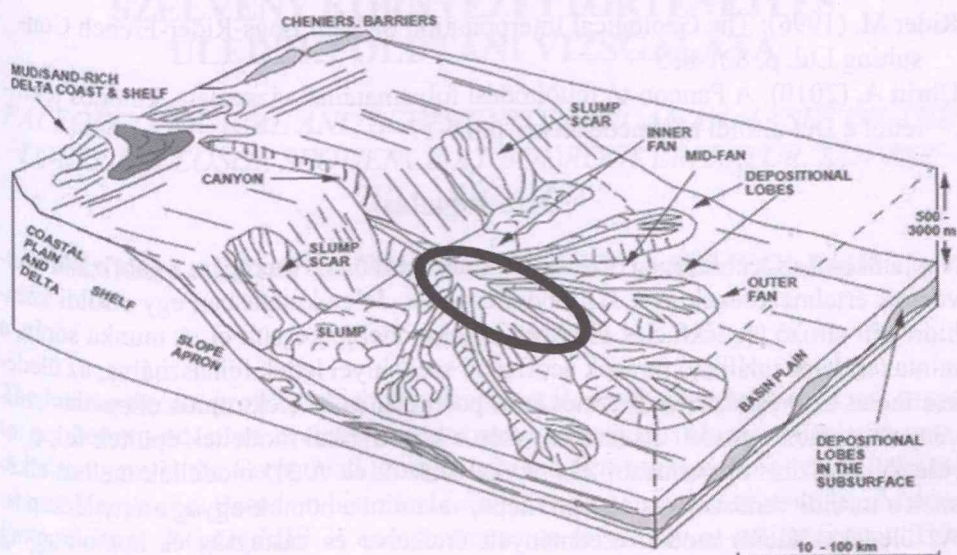
### 3. ábra: A vizsgált terület vastagság térképe méterben

Fig. 3. Thickness map of the test area in meters





**4. ábra: A vizsgált turbiditék elhelyezkedése**  
**Fig. 4. Location of the investigated turbidites**



### Felhasznált irodalom

- Apró M. (2016): Egy magyarországi alsó-pannóniai homokkőcsoport felhalmozódási környezetének és fácies struktúrájának meghatározása a klasszikus és a sztochasztikus geostatistika alkalmazásával. Diplomadolgozat Szegedi Tudományegyetem p. 17-24
- Balogh K. 1992: Szedimentológia I. Akadémiai kiadó, Budapest p. 124-128
- E. Gringarten and C. V. Deutsch (2003): Methodology for Improved Variogram Interpretation and Modeling for Petroleum Reservoir Characterization p. 3-11
- Goovaerts P. (1997): Geostatistics for Natural Resources Evaluation-Oxford University Press p. 19-390
- Juhász Gy. (1992): A pannóniai S.1. formációk térképezése az Alföldön: elterjedés, fácies és üledékes környezet. – Földtani Közlöny 122/2-4, 133-165.
- Harold G. Reading and Marcus Richards (1994): Turbidite Systems in Deep-Water Basin Margins Classified by Grain Size and Feeder System. American Association of Petroleum Geologists p. 801-814
- Magyar I. Geary D.H. and Müller P. (1999): Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 147, 151-167.
- M. Richards and M. Bowman, H. Reading (1998): Submarine-fan system characterisation and stratigraphic prediction p. 690-697

- M. Richards and M. Bowman (1994): Submarine fans and related depositional systems II: variability in reservoir architecture and wireline log character p. 822-835
- Rider M. (1996): The Geological Interpretation of Well Logs-Rider-French Consulting Ltd. p. 821-853
- Uhrin A. (2010): A Pannon-tó feltöltődési folyamatának vizsgálata, különös tekintettel a Dél-alföldi részmedencékre p. 10-17

## Összefoglalás

Napjainkban a szénhidrogén rezervoár kutatásban fontos szerep jut a geofizikai szelvények értelmezésének és a 3D modellezésnek. Jelen kutatásban egy alföldi szénhidrogén tározó üledékfácies és közetfizikai modellje készült el. A munka során, a minta területen található fúrások geofizikai szelvényei lettek felhasználva, az üledékes fácies azonosításához a természetes potenciál és az elektromos ellenállás szelvények. A fácies modell elkészülése után a közetfizikai modellek épültek fel, a területről porozitás és permeabilitás modell készült el. A 3D modellek mellett elkészült a turbidit rendszer vastagságtérképe, valamint a homok-agyag arány térkép is. Az üledékes fácies modell eredményeit értékelve és vastagság és homok-agyag arány térkép alapján megállapításra került a turbidit rendszer felhalmozódási iránya. Megállapíthatóvá vált a három mélyvízi turbiditból álló rendszer felhalmozódási irányának változása, amely nem mutatott jelentős eltérést. Az ösföldrajzi modell eredményeit a közetfizikai modellek, a porozitás és a permeabilitás modellek is alátámasztották.

**Kulcsszavak:** turbidit, geostatisztika, karotázs, porozitás, permeabilitás, fácies